



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09197154 A**(43) Date of publication of application: **31.07.97**

(51) Int. Cl.

G02B 6/122**H01S 3/18**(21) Application number: **08005566**(22) Date of filing: **17.01.96**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>**(72) Inventor:
**OKU SATORU
SHIBATA YASUO
OKAMOTO MINORU
YOSHIMOTO NAOTO
KONDO SUSUMU
OKAMOTO HIROSHI
ITAYA YOSHIO**(54) **OPTICAL WAVEGUIDE**

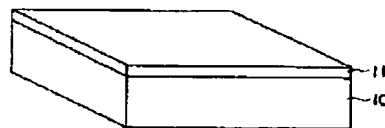
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent generation of reflected light on a joint face and to prevent a buildup in the joint face by forming the joint face between optical waveguides in such a manner that the joining face crosses the optical waveguide plane and the plane perpendicular to the optical waveguide plane.

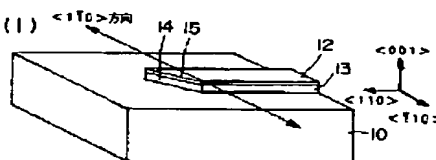
SOLUTION: Core layer 11 of a first waveguide is grown by an epitaxial method on a substrate 10. Then, a SiO_2 film 12 is grown in a region including the region where the first waveguide is to be formed, in a size about $20\mu\text{m}$ wide and about $300\mu\text{m}$ long which is the same length as the first waveguide and the SiO_2 film 12 is used as a mask for etching to remove the core layer in the first waveguide region and to form an island of the core layer 11 of the first waveguide. In this process, the island of the core layer 11 is formed in such a manner that at least the joining face with a second waveguide crosses the plane of laminated layers in the optical waveguide direction, namely in $\langle 110 \rangle$ direction, and with the plane in $\langle 001 \rangle$ direction, that is perpendicular to the laminated layer plane in the optical waveguide direction (shown is Fig b-1).

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

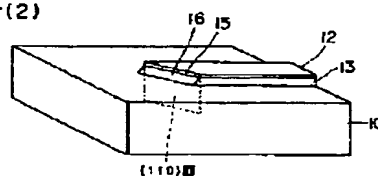
(a)



(b)-(1)



(b)-(2)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 積層方向の屈折率の分布が異なる複数の光導波路が、該導波路の光の導波方向に縦列に接続された光導波路において、

該複数の光導波路の接合面が、該光の導波方向の積層面と該導波方向の積層面と直交する面とに対して交差していることを特徴とする光導波路。

【請求項2】 請求項1の光導波路において、前記接合面が、前記積層方向に対して交差していることを特徴とする請求項1記載の光導波路。

【請求項3】 請求項1又は2の光導波路において、前記複数の光導波路が、半導体で形成されていることを特徴とする光導波路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光導波路素子の構造に関するものであり、具体的には、互いに異なる屈折率分布を有する2種以上の光導波路が、その光軸方向に縦列接続された光導波路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】互いに異なる屈折率分布を有する光導波路を、光導波路の光軸方向に縦列接続して半導体光素子の性能向上を計ることが試みられてきている。その際に用いられてきた構造を、半導体レーザの一例を図5に示す。図5中、符号20は利得導波路、21はガイド導波路、22は利得導波路20とガイド導波路21との接合面、23はレーザ出射端面、30は基板及び35はレーザのクラッド層を各々図示する。

【0003】半導体レーザに光ファイバが結合された半導体レーザモジュールを作製するには、半導体レーザと光ファイバの結合における光軸調整を、可能な限り大きな許容度でもって高効率に結合することが重要である。

【0004】このため、図5に示すような光導波路の構造が用いられている。即ち、電流注入により利得を生じる利得導波路20の一端側に、該利得導波路20よりは大きなバンドギャップエネルギー（屈折率は低くなる）をもつコア層で構成されるガイド導波路21を、接合面22を介して接続する。

【0005】この時、ガイド導波路21の形状を、図5に示すように、レーザ出射端面23側に近づくにつれて漸次幅が狭くなる先細り構造とし、導波路への光閉じ込め効率をレーザ出射端面23に近づくにつれて緩くすることにより、レーザ出射端面23から出射されるレーザ光のサイズを拡大せんとする構造である。

【0006】このように、利得導波路20と、それよりはバンドギャップエネルギーの大きいガイド導波路21との接合面22を作製するに際しては、概ね図6及び図7に示す作製工程を用いてきた。即ち、図6（a）に示すように、先ず基板30上に利得導波路のコア層31をエピタキシャル成長させる。次に、図6（b）に示すよ

うに、利得導波路20を形成する領域を含む、幅 $20\mu\text{m}$ 、利得導波路長に等しい長さである $300\mu\text{m}$ 程度の長さの領域に形成した SiO_2 膜32をエッチングマスクとして用いて、この領域以外の領域の利得導波路のコア層31を除去して、利得導波路のコア層の島33を形成する。次に、図6（c）に示すように、利得導波路のコア層の島33以外の領域にガイド導波路のコア層34を形成する層を成長させる。次に、図7（a）に示すように、利得導波路のコア層の島33の上に残っている SiO_2 膜32を除去した後、利得導波路のコア層の島33とガイド導波路のコア層34とを、図5に示すような利得導波路20とガイド導波路21との形状に加工する。次に、図7（b）に示すように、レーザのクラッド層35を成長させ、利得導波路20とガイド導波路21からなるレーザ導波路を形成し、電流注入用の電極36を設けてレーザとする。

【0007】上記の工程において、レーザの端面23は劈開工程により作製するため、レーザ導波路はこの劈開面に直交する方向をとることとなる。即ち、劈開は結晶学的な面方位でいうところの $[110]$ 面に沿って生じるため、レーザ導波路は必然的に、この $[110]$ 面に直交する $\langle 110 \rangle$ 方向をとる。この時、利得導波路のコア層の島33は図6（b）に示すように、 $\langle 110 \rangle$ 方向又はこの方向に結晶学的に等価な方向と平行な4つの辺をもつ長方形の形状とされてきた。

【0008】その理由は、図6（b）に示すように、利得導波路を形成する領域以外の領域の利得導波路のコア層31を除去する方法として、例えば塩酸等の薬液によるウェットエッチング方法を用いるためである。

【0009】これは、島33の辺が $\langle 110 \rangle$ 方向からずれている場合には、島の側面に結晶学的に不安定な面が形成されることとなり、結果として不均一な接合面を形成してしまうため、好ましい結果は得られないからである。そこで、ウェットエッチング方法で形成する島の側面を結晶学的に安定な4つの $[110]$ 面で形成し、均一な接合面を形成するために、島33の形状を $\langle 110 \rangle$ 方向又はこの方向に結晶学的に等価な方向と平行な4つの辺をもつ長方形にしていた。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した場合においても、接合面22が導波路の光軸に垂直な位置関係になることに原因する光学的不都合、および島33の側面が成長速度の速い $[110]$ 面であることに原因する形状的不都合という点が問題であった。ここで、光学的不都合とは、接合面で生じる反射光がレーザの動作不安定を引き起こすことであり、形状的不都合とは、成長速度の速い側面が生じることにより、接合部に盛り上がりを生じることとなり、レーザ特性を劣化させることである。

【0011】以上のように、2つの光導波路20、21

を縦列に接続すると、これらの接続面 2 2 の屈折率分布の不整合により導波光が反射し、レーザ発振の不安定化等の種種の不都合が生じていた。

【0012】また、光導波路が半導体のような単結晶の場合には、劈開端面が低指数面でしか形成できないため、光導波路の方向がこれに垂直な方向に限られてしまい結局、接合面がこの低指数面に一致することになる。この場合、接合端面で異常結晶成長が発生し、光導波路の形状異常が起こることがあった。

【0013】本発明は、上記問題に鑑み、接合部を持つ光導波路において、当該接合面における反射光の発生を防止すること、又は形状的な不都合の原因である接合部における盛り上がりを防止することができる光導波路を提供することを課題とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記課題を達成する本発明の光導波路は、積層方向の屈折率の分布が異なる複数の光導波路が、該導波路の光の導波方向に縦列に接続された光導波路において、該複数の光導波路の接合面が、該光の導波方向の積層面と該導波方向の積層面とに直交する面とに対して交差していることを特徴とするものである。

【0015】上記光導波路において、前記接合面が、前記積層方向に対して交差していることを特徴とするものである。

【0016】上記光導波路において、前記複数の光導波路が、半導体で形成されていることを特徴とするものである。

【0017】本発明に係る光導波路は、光導波路間の接合面が、該光の導波面と該導波面とに直交する面とに対して交差するものとしている。このため、接合面で反射された導波光は導波路の外に放射されるため、再び導波路に入射して元の方向に返っていくことがなく、従って反射光による不都合は生じない。

【0018】また、導波路が単結晶材料で形成されている場合においては、接合面を異常成長の起きやすい低指数面でなくすることが可能になり、光導波路の形状異常を防止できる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。

【0020】＜第 1 の実施の形態＞本発明の第 1 の実施の形態に係る光導波路とその作製方法を図 1 ～図 3 に示す。まず、図 1 (a) に示すように、基板 1 0 の上に第 1 の導波路のコア層 1 1 をエピタキシャル成長させる。

【0021】次に、図 1 (b) - (1) と図 1 (b) - (2) に示すように、第 1 の導波路を形成する領域を含む、概ね幅 $20\mu\text{m}$ 、長さは第 1 の導波路長に等しい長さである $300\mu\text{m}$ 程度の領域に成長した SiO_2 膜 1 2 をエッチングマスクとして用いて、この領域以外の領

域の第 1 の導波路のコア層を除去して、第 1 の導波路のコア層の島 1 3 を形成する。

【0022】この時、図 1 (b) - (1) に示す場合には、第 1 の導波路のコア層 1 1 の島形状を、少なくとも第 2 導波路との接合面 1 4 が光の導波方向すなわち $<110>$ 方向の積層面と、該導波方向の積層面と直交する $<001>$ 方向の面とに対して交差するような面を形成するようにしている。尚、図 1 (b) - (1) において、接合面 1 4 は基板 1 0 に対して直交する面としている。

【0023】また他の例としては、図 1 (b) - (2) に示すように、第 1 の導波路のコア層の島 1 3 の形状を、少なくとも第 2 の導波路との接合面 1 6 が積層方向すなわち $<001>$ に対して交差してテーパ面を形成するようにしている。

【0024】次に、図 2 (a) に示すように、図 1 - (1) の続きとして、第 1 の導波路のコア層の島 1 3 以外の領域に第 2 の導波路のコア層 1 7 を形成する層を成長させる。

【0025】次に、図 2 (b) に示すように、第 1 の導波路のコア層の島 1 3 の上に残っている SiO_2 膜 1 2 を除去した後、第 1 の導波路のコア層の島 1 3 と第 2 の導波路のコア層 1 7 を加工し、図 5 に示したものと同様な形状の第 1 の導波路 1 8 と第 2 の導波路 1 9 の形成する。次に図 2 (c) に示すように、クラッド層 1 0 1 を成長させる。

【0026】＜第 2 の実施の形態＞本発明の第 2 の実施の形態を、ガイド導波路構造付きの半導体レーザを例にとりて図 3 及び図 4 に基づいて説明する。

【0027】まず、図 3 (a) に示すように、基板 4 0 上に利得導波路のコア層 4 1 をエピタキシャル成長させる。次に、図 3 (b) - (1) と図 3 (b) - (2) に示すように、利得導波路を形成する領域を含む、幅 $20\mu\text{m}$ 、長さは利得導波路長に等しい長さである $300\mu\text{m}$ 領域に形成した SiO_2 膜 4 2 をエッチングマスクとして用いて、この領域以外の領域の利得導波路のコア層を除去して、利得導波路のコア層の島 4 3 を形成する。この時、図 3 (b) - (1) に示すように、利得導波路のコア層の島 4 3 の形状を、少なくともガイド導波路との接合面 4 4 が光の導波方向すなわち $<110>$ 方向の積層面と、該導波方向の積層面と直交する $<001>$ 方向の面とに対して交差するような面を形成するようにしている。尚、図 3 (b) - (1) において、接合面 4 4 は基板 4 0 に対して直交する面としている。

【0028】また他の例としては、図 3 (b) - (2) に示すように、利得導波路のコア層の島 4 3 の形状を、少なくともガイド導波路との接合面 4 6 が積層方向 $<001>$ に対して交差してテーパ面を形成している。

【0029】この利得導波路のコア層の島 4 3 を形成するにあたっては、反応性イオンエッチング法を用いた。

反応性イオンエッチング法では指向性に優れたエッチングが可能であるため、均一性の良いコア層の島の側壁、即ち接合面44を得ることができた。さらにはイオンの方向性を利用することで、基板の厚み方向にも傾いた接合面46を形成することもできた。傾きの角度は基板と指向性イオンのなす角度を設定することで、任意の角度にすることができた。また利得導波路を形成する領域以外の領域の利得導波路のコア層を除去した際のエッチング深さは、コア層よりも概ね0.3 μ m程度深めとした。

【0030】次に、図4(a)に示すように、利得導波路のコア層の島43以外の領域にガイド導波路のコア層47を成長させる。この時、ガイド導波路のコア層47の成長に先だて、ガイド導波路のコア層47の位置が利得導波路のコア層41の位置にそろう状態になるように中間層48を成長させた。中間層48の層さは、利得導波路を形成する領域以外の領域の利得導波路のコア層を除去した際のエッチング深さをコア層よりも概ね0.3 μ m程度深めとしたことを基に、約0.3 μ mとした。これによりガイド導波路のコア層47の品質を高めることができ、結果的に作製したレーザの特性が向上した。また、成長速度の速い[110]面が利得導波路のコア層の島43の側壁を形成していないため、盛り上がりのない状態でガイド導波路のコア層47を成長することができた。

【0031】次に、図4(b)に示すように、利得導波路のコア層の島43の上に残っているSiO₂膜42を除去した後、利得導波路のコア層の島43とガイド導波路のコア層47を加工して、利得導波路49とガイド導波路50を形成した。

【0032】次に、図4(c)に示すように、クラッド層51を成長させた後、電流注入用の電極52を形成し、ガイド構造付きの半導体レーザを得た。このレーザにおいては、接合面44又は接合面46が利得導波路の光軸に直交するような位置関係にないため、これらの接合面における反射光は素子内の導波路以外の領域に伝搬し吸収されてしまうため、レーザの動作を安定化させることができた。

【0033】なお、前記実施例においては、ガイド構造付き半導体レーザを例にとりて説明したが、これ以外の半導体導波路素子、誘導体導波路素子に適用できることは明らかである。

【0034】誘電体導波路素子としては、例えばSi基板上のSiO₂導波路がある。この場合には、SiO₂が非晶質なので、結晶構造に由来した異常成長はないが、接合面における、光の反射の悪影響を除去する効果がある。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の接合構造を用いることにより、互いに屈折率分布の異なる2種類

の導波路の接続において、光学的特性に優れ、かつ形状の性質に優れた半導体レーザ、又はその他の半導体導波路素子、若しくは誘導体光導波路素子を得ることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光導波路の作製工程及びその構造の概略説明図である。

【図2】本発明による光導波路の作製工程及びその構造の概略説明図である。

10 【図3】本発明による光導波路を有するガイド導波路構造付き半導体レーザの作製工程の概略説明図である。

【図4】本発明による光導波路を有するガイド導波路構造付き半導体レーザの作製工程の概略説明図である。

【図5】従来の光導波路構造を有するガイド導波路構造付き半導体レーザの概略説明図である。

【図6】従来の光導波路構造を有するガイド導波路構造付き半導体レーザの作製工程の概略説明図である。

【図7】従来の光導波路構造を有するガイド導波路構造付き半導体レーザの作製工程の概略説明図である。

20 【符号の説明】

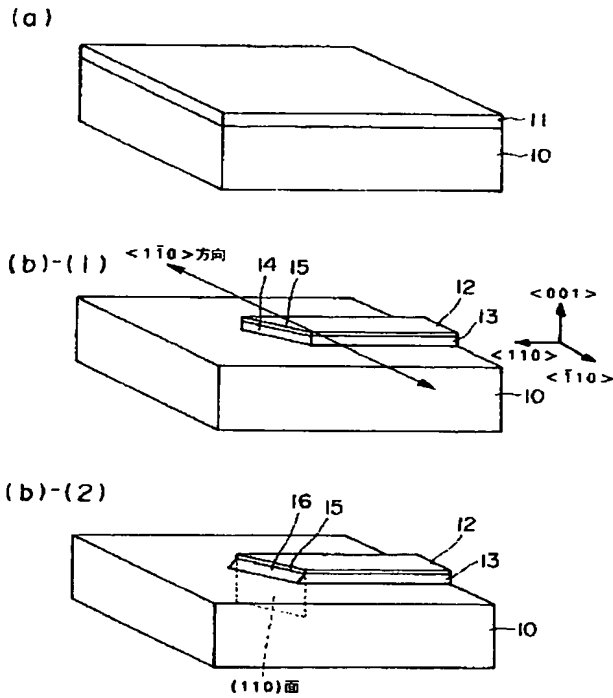
- 10 基板
- 11 第1の導波路のコア層
- 12 エッチングマスクSiO₂
- 13 第1の導波路のコア層の島
- 14 接合面
- 15 接合面を形成する辺
- 16 接合面
- 17 第2の導波路のコア層
- 18 第1の導波路
- 30 19 第2の導波路
- 20 利得導波路
- 21 ガイド導波路
- 22 接合面
- 23 レーザ出射端面
- 30 基板
- 31 利得導波路のコア層
- 32 エッチングマスクのSiO₂
- 33 利得導波路のコア層の島
- 34 ガイド導波路のコア層
- 40 35 レーザのクラッド層
- 36 電極
- 40 基板
- 41 利得導波路のコア層
- 42 エッチングマスクのSiO₂
- 43 利得導波路のコア層の島
- 44 接合面
- 45 接合面を形成する辺
- 46 接合面
- 47 ガイド導波路のコア層
- 50 48 中間層

- 49 利得導波路
50 ガイド導波路
51 クラッド層

- * 52 電極
101 クラッド層

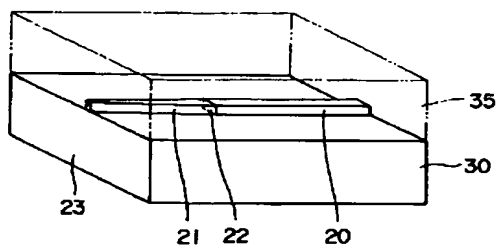
*

【図1】

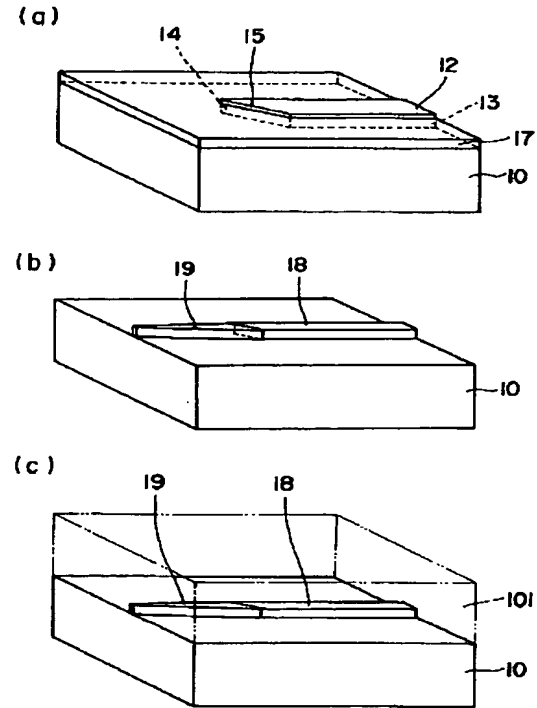


- 10 基板
11 第1の導波路のコア層
12 エッチングマスク SiO_2
13 第1の導波路のコア層の島
14 接合面
15 接合面を形成する辺
16 接合面

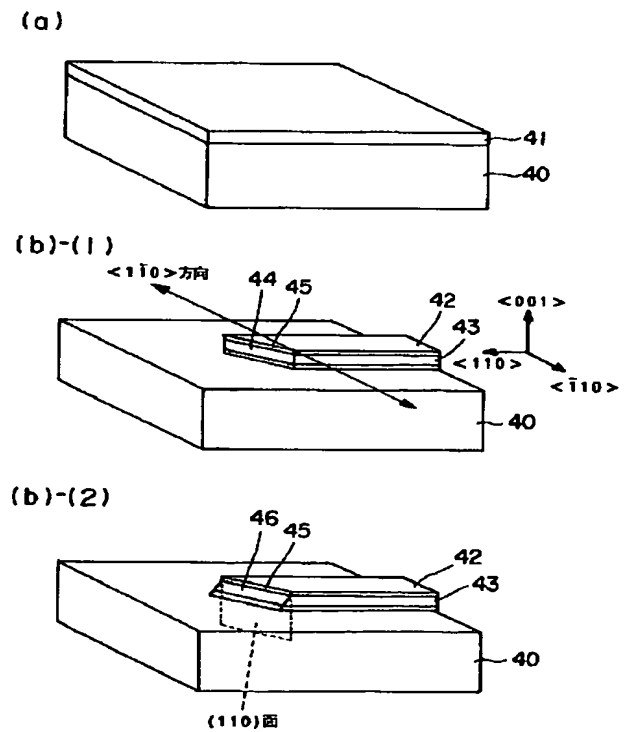
【図5】



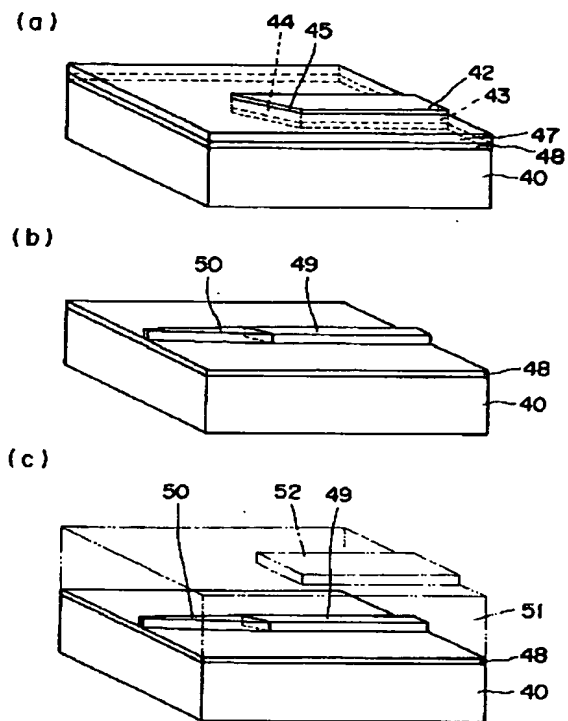
【図2】



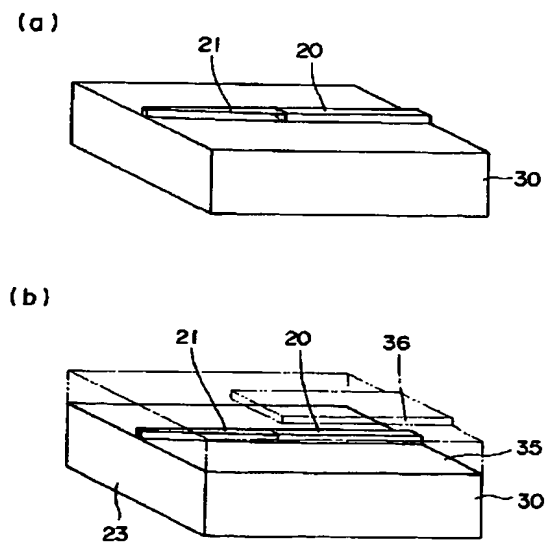
【図3】



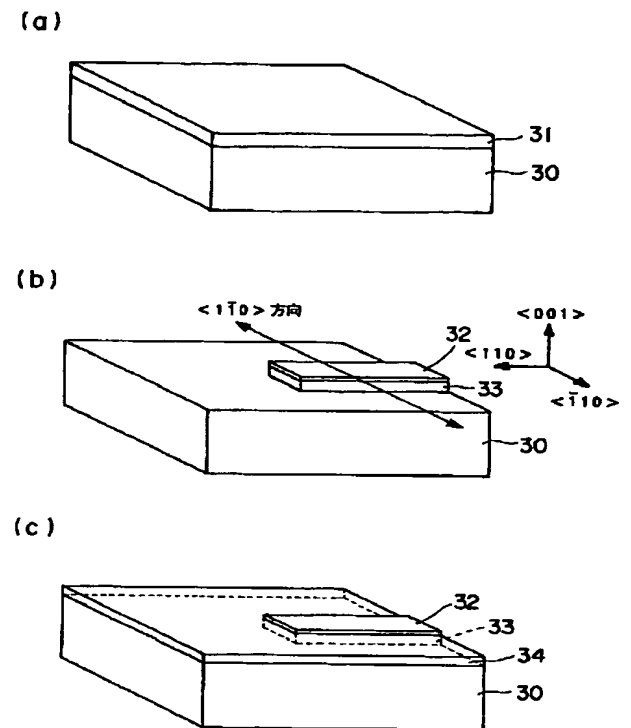
【図4】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 吉本 直人
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 近藤 進
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 岡本 浩
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 板屋 義夫
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内